Radio Observatorio de
JICAMARCA
Radio Observatory

REPORTE TÉCNICO

ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO APUNTE AUTOMÁTICO DE ANTENA (ABS)

Darwin Córdova Vivas

José Quenta Cuno

Área de Electrónica e Instrumentación (EI)

Diciembre, 2009

Apartado 130207, Lima 13, Perú
Teléfonos (+51-1)317-2313 - Fax (+51-1)317-2312

RESUMEN

El radar del Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ) posee una antena de 300 m. x 300 m. del tipo COCO. Esta antena tiene un apunte dentro de un cono de 5 grados. La antena está dividida en cuartos (E, N, O y S) y cada cuarto contiene 16 módulos. El enfasamiento de la dirección de apunte se realiza mediante el retardo de la señal a cada módulo, y el retardo se hace mediante el cambio de longitudes de cable. Actualmente este proceso se realiza de forma manual, que toma entre dos a tres horas/hombre.

Este proyecto permitirá cambiar la dirección de apunte de la antena del radar en forma remota, desde un terminal de computadora. Para realizarlo se ha dividido en dos sub-proyectos: ABS-RF y ABS-Control.

ABS-RF

Consiste en la etapa RF en cada módulo, el cual tiene que manejar 45 KW potencia pico. En el cuarto de antena que se está implementando el diseño contempla la selección entre 8 longitudes. Para la selección de un camino se emplean 3 bits, y para la solución se emplean 6 relés RF por polarización por módulo.

ABS-Control

El control del sistema comprenderá un control central y unidades de control modular.

La unidad de control central será la encargada de recibir las instrucciones del operador (PC) y enviarlas a los módulos de antena, además recibe las señales de monitoreo de cada módulo. Esta última etapa aún está en desarrollo.

La unidad de control modular será la encargada de recibir las instrucciones desde la unidad de control central para activar las respectivas secuencias de fase sobre la unidad de conmutación RF (dos polarizaciones por módulo de antena). Esta etapa aún no está siendo implementada porque que se están adquiriendo todos los componentes en el extranjero. Para la primera semana de agosto del 2009 se iniciará la etapa de pruebas.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 4

2. ABS-RF 4

2.1 Descripción del prototipo ABS-RF 4
2.2 Fabricación de alojamientos mecánicos para los relés 7
2.2.1 Cavidad del relé 7
2.2.2 Cavidad de dos (2) relés 7
2.3 Circuito de control y circuito de fuente 8
2.3.1 Circuito de fuente 8
2.3.2 Circuito de control 9
2.4 Monitoreo del correcto funcionamiento del sistema 9

3. ABS-CONTROL 11

3.1 Descripción del prototipo ABS-CONTROL 11
3.2 Componentes del ABS-CONTROL 11
3.2.1 Sistema de monitoreo 11
3.2.2 Control Central 11
3.2.2 Control modular 12
3.3 Estado actual 12

4. PRUEBAS 13

4.1 Alfa Test 1 – Prueba de Alto Voltaje 13
4.2 Alfa Test 2 – Medición de fase del circuito ABS de 3 bits 14
4.2.1 Calibración 14
4.3 Alfa Test 3 Medición de VSWR (Potencia Reflejada) 16

5. DIAGRAMA DE GANTT 18

6. PRESUPUESTO 19

BIBLIOGRAFIA 20
ANEXOS 21
8.1 Tarjeta de control 26
8.2 Tarjeta de fuente 26

ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO APUNTE AUTOMÁTICO DE ANTENA (ABS)

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto ABS es un sistema que enfasará electrónicamente el apunte de la antena principal (02 polarizaciones) del ROJ, y el cual podrá ser controlado desde el Área de Operaciones. La potencia pico que soportará por módulo es de 40 KW. En esta etapa actualmente se está desarrollando un cuarto de la antena.

La parte de RF del sistema está basado en relés RF de la marca Jennings (módelo RJ6B-26SC). Se emplean 6 relés por módulo/ polarización de la antena. La parte de control tiene una unidad central que se está diseñando, y en la propuesta actual todo el cableado sería con fibra óptica. Cada control modular estaría basado en un sistema embebido en Linux, y se está adquiriendo tarjetas de evaluación de la marca Glomation.

La Figura 1 muestra el diagrama de bloques del proyecto ABS.

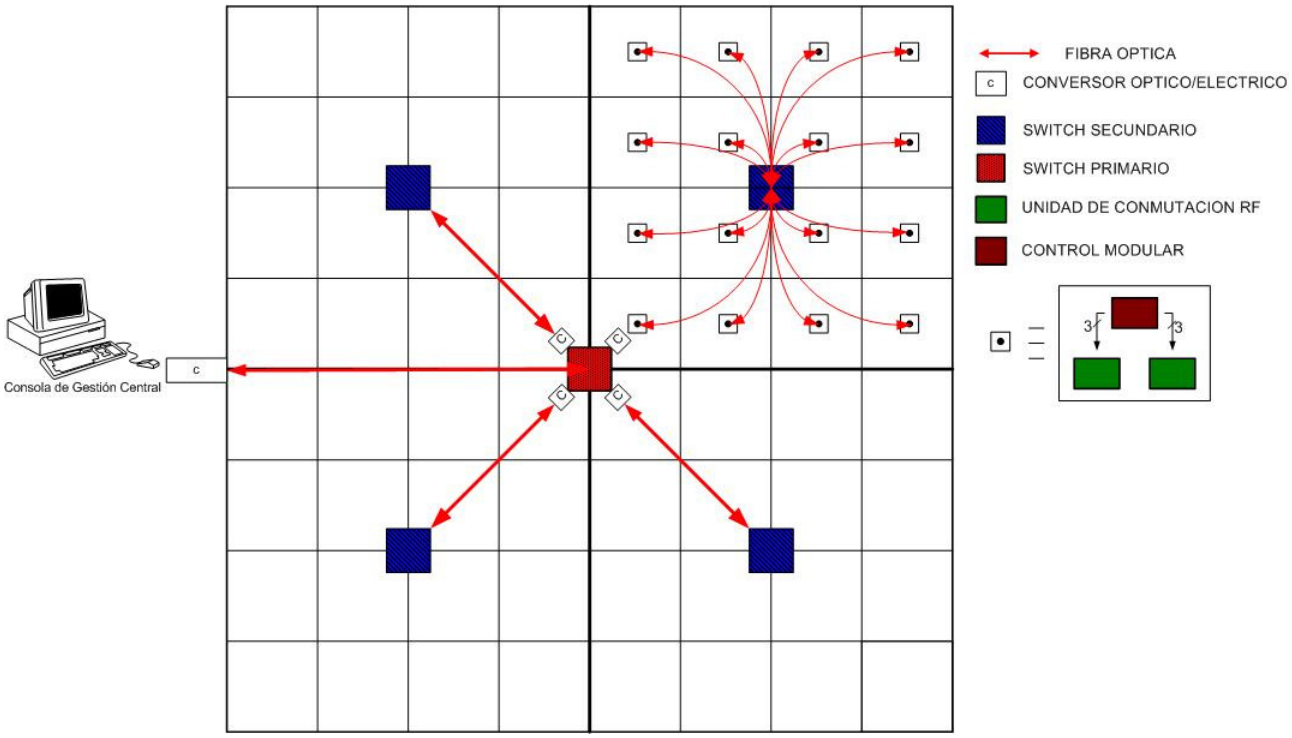
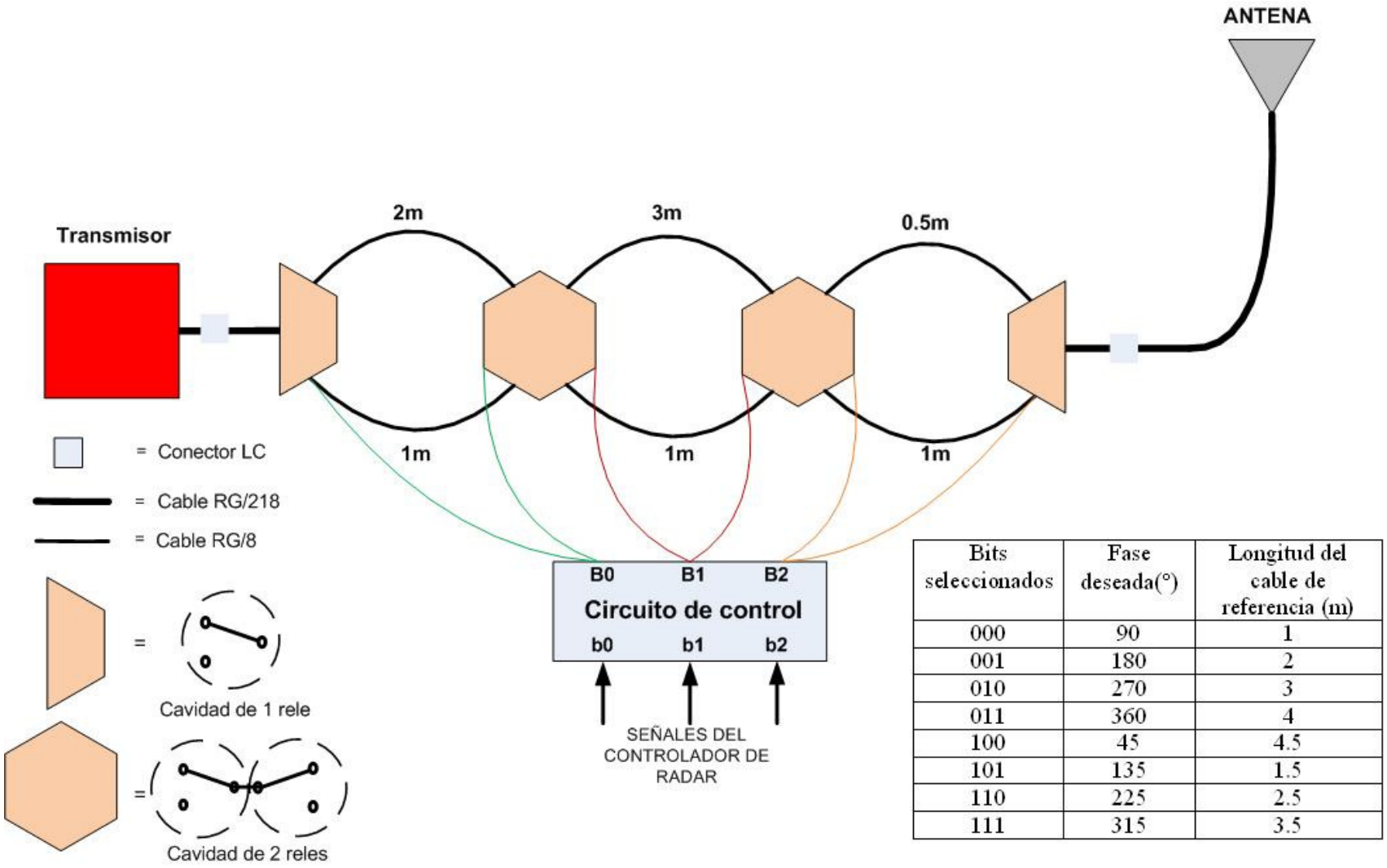


Figura 1 Diagrama de bloques del Proyecto ABS

2. ABS-RF

2.1 Descripción del prototipo ABS-RF

La Figura 2 muestra el diagrama de bloques para el prototipo ABS-RF para un módulo/una polarización. En ella se observa la tabla de correspondencia para la selección de un desfase lo cual corresponde a una longitud determinada. Para la antena principal del ROJ la selección de cables múltiplos de 0.5 m cubre más del 95 % de los apuntes empleados en el ROJ.



Bits seleccionados	Fase deseada(°)	Longitud del cable de referencia (m)
000	90	1
001	180	2
010	270	3
011	360	4
100	45	4.5
101	135	1.5
110	225	2.5
111	315	3.5

Figura 2 Diagrama de bloques del prototipo RF

La Figura 3 muestra las características mecánicas de los relés RJ6B-26SC. Sus principales características se resumen en la Tabla 1.

- **RJ2B-26S**
  Ceramic replacement for RB1D series. Ceramic envelope allows higher current ratings. Solder terminals accept 8 ga. wire.
- **RJ2C-26S**
  Flange mount version of RJ2B.
- **RJ6B-26S**
  Long-life version of RJ2B, 25 X 10^6.

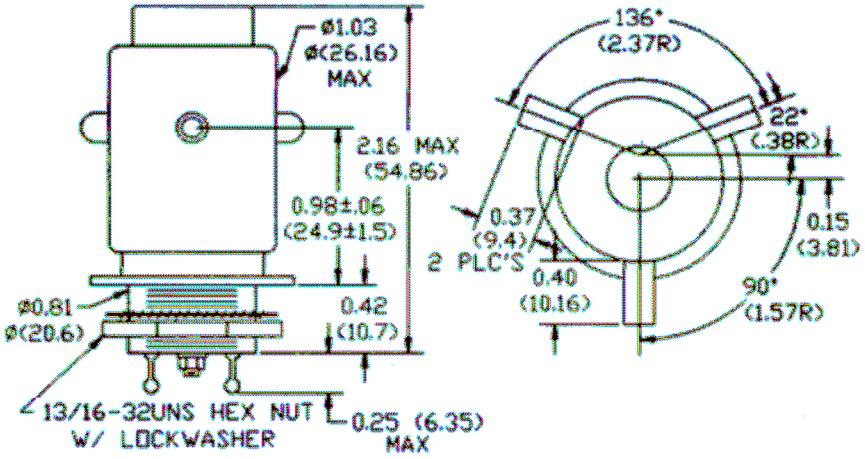


Figura 3 Relé RF del prototipo RF

CARACTERÍSTICA	VALOR
Resistencia eléctrica	12 mOhm
Potencia continua 50 MHz	20 KW
Número promedio de conmutaciones	25 Millones
Voltaje de operación	26 VDC

Tabla 1 Principales características del relé RJ6B-26SC de la compañía Jennings

2.2 Fabricación de alojamientos mecánicos para los relés

2.2.1 Cavidad del relé

Para el alojamiento mecánico de un (1) relé se diseñó la estructura que se muestra en la Figura 4. La vista corresponde desde la parte superior donde el círculo central de color plomo corresponde al relé. La cavidad está hecha en cobre y en el Anexo 1 se encuentra los planos para la fabricación de cada pieza. Para armar la cavidad se soldaron las piezas con plata al 5 %.

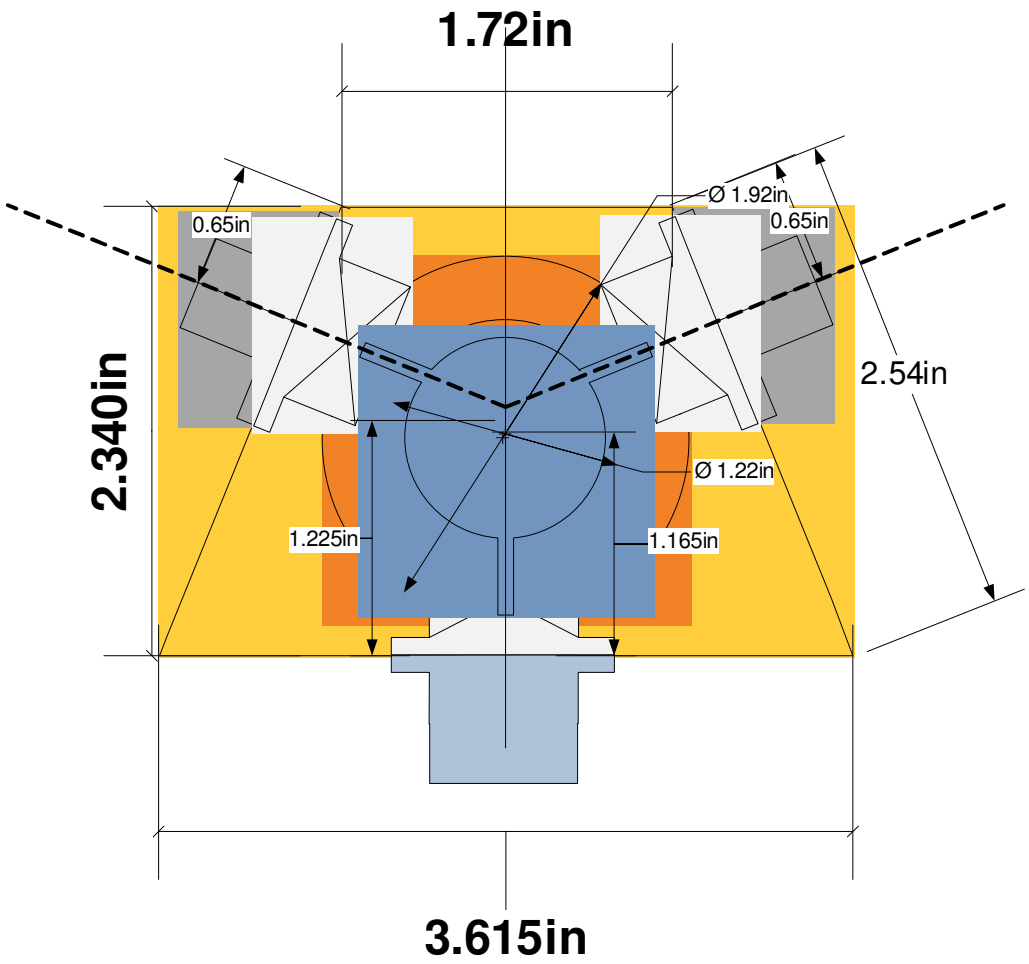


Figura 4 Cavidad de un (1) relé

2.2.2 Cavidad de dos (2) relés

Para el alojamiento mecánico de dos (2) relés se diseñó la estructura que se muestra en la Figura 5. Los relés son los dos círculos centrales de color celeste. La cavidad está construida con los mismos materiales de la cavidad para un relé, en el Anexo 1 se encuentra los planos para la fabricación de cada pieza.

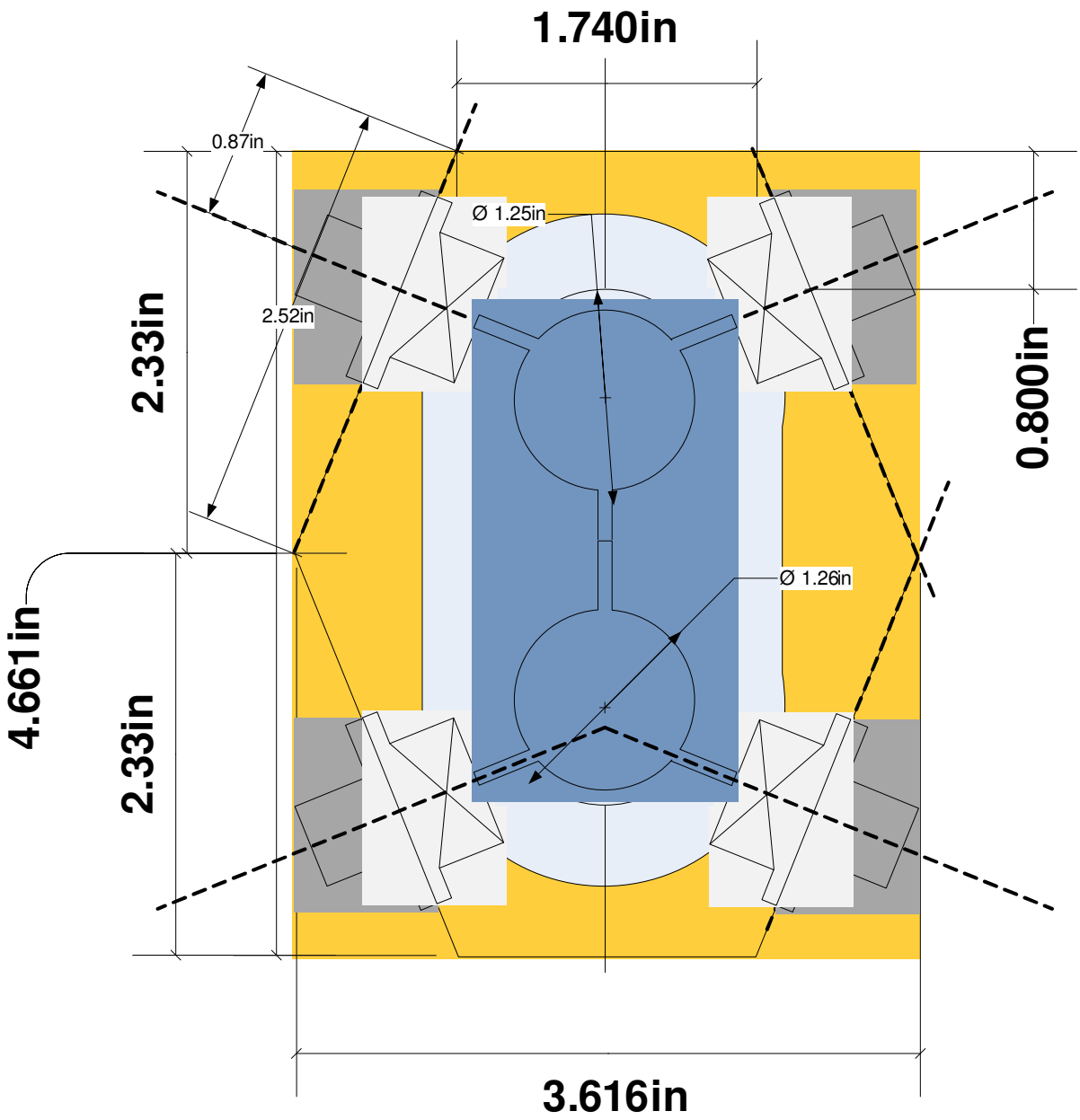


Figura 5 Cavidad para dos relés

2.3 Circuito de control y circuito de fuente

El circuito de fuente es el encargado de generar los voltajes de 26 VDC para los relés y 5 VDC para el sistema de control.

2.3.1 Circuito de fuente

La salida del conector J2 es de 26 VDC (1 A), y la salida del conector J3 es de 5 VDC (.75 A). La máscara de componentes del circuito impreso se encuentra en el Anexo 2.

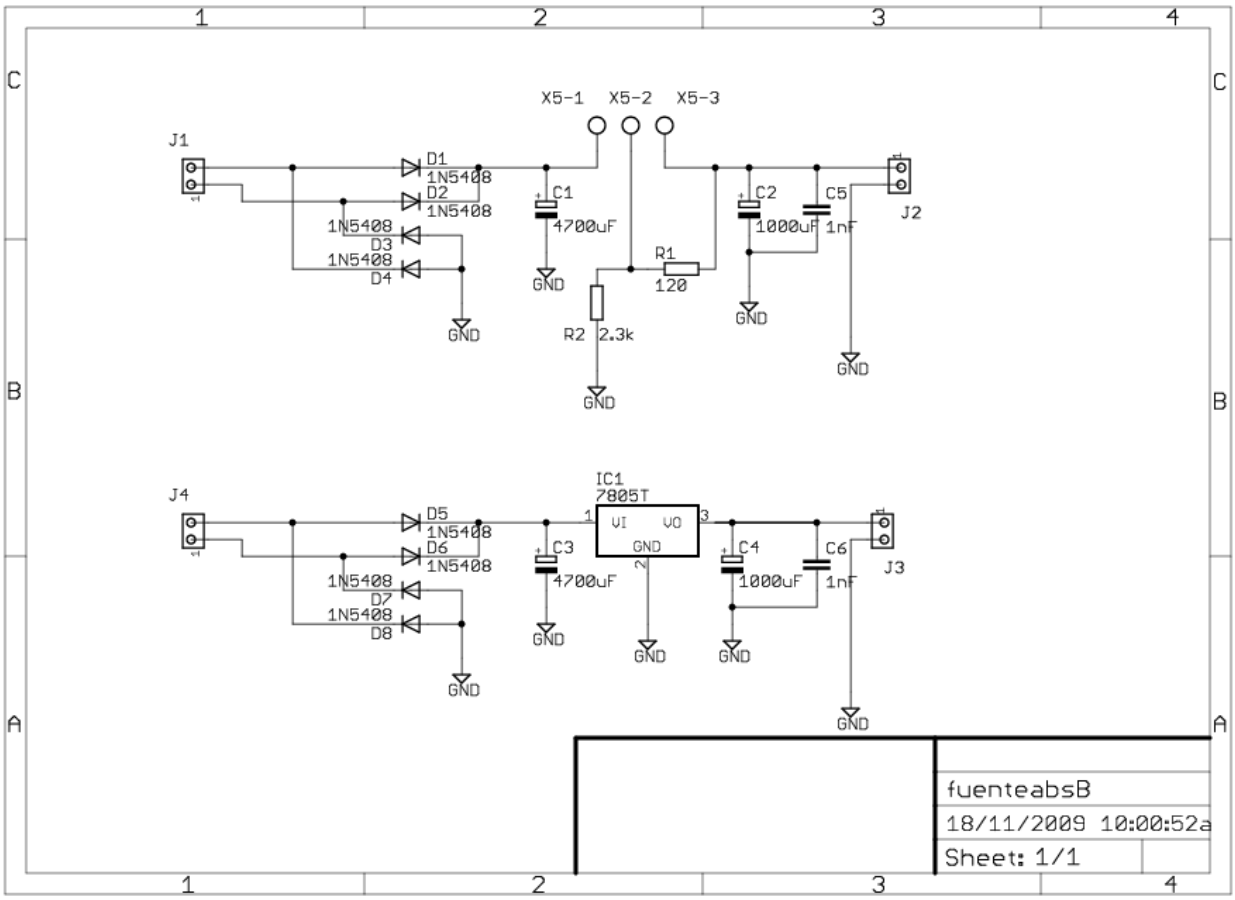


Figura 6 Diagrama esquemático de la fuente de voltaje DC

2.3.2 Circuito de control

El diagrama esquemático del circuito de control se muestra en la Figura 7. La máscara de componentes del circuito impreso se encuentra en el Anexo 2.

El circuito tiene un control central (interruptor denominado CTRL) que permite el control de los relés en forma manual (interruptores ubicados en la parte frontal de la fuente) o en forma remota desde el módulo de control. Además recibe del módulo de control la señal de 3.3 V para activar los relés, así como convierte la señal de 26 V a 3.3V para realizar el monitoreo.

2.4 Monitoreo del correcto funcionamiento del sistema

Para monitorear el correcto funcionamiento del sistema se tiene que medir la diferencia de fases entre la entrada y salida. Se dispone de dos posibles soluciones que a partir del mes de diciembre del 2009 se estudiará con mucho mayor detalle.

1. Insertar una señal de baja potencia RF continua y, mientras el sistema no transmite, medir el desfase.
2. Tomar una muestra de la señal de alta potencia y medir el desfase.

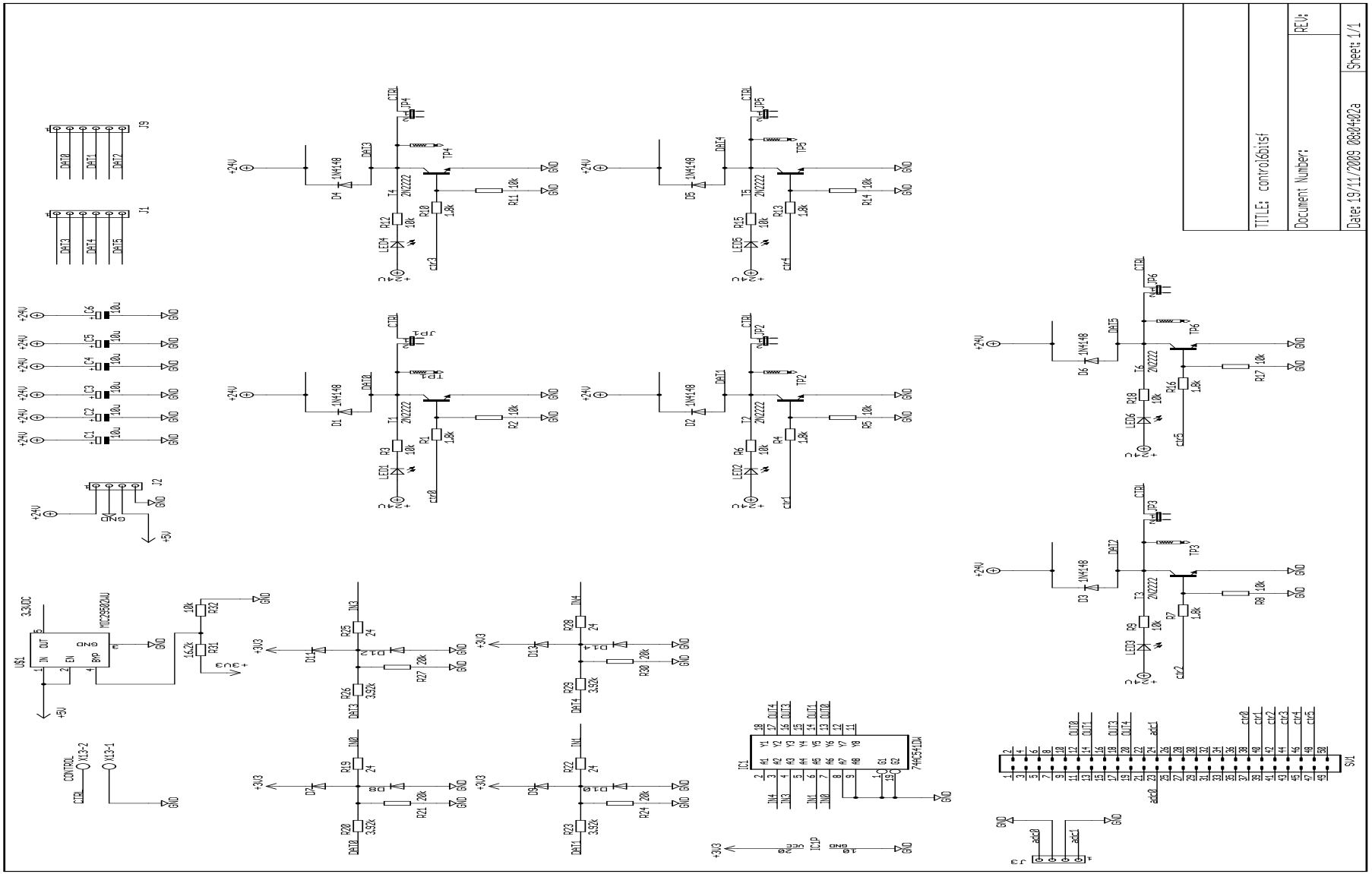


Figura 7 Esquemático del circuito de control de 6 bits

3. ABS-CONTROL

3.1 Descripción del prototipo ABS-CONTROL

El prototipo ABS-CONTROL permitirá controlar al ABS-RF desde una PC. El diseño se ha implementado en una red Ethernet con TCP/IP, por lo cual el control central y los controles modulares deberán tener puertos Ethernet. La Figura 8 muestra el diagrama general del ABS-CONTROL.

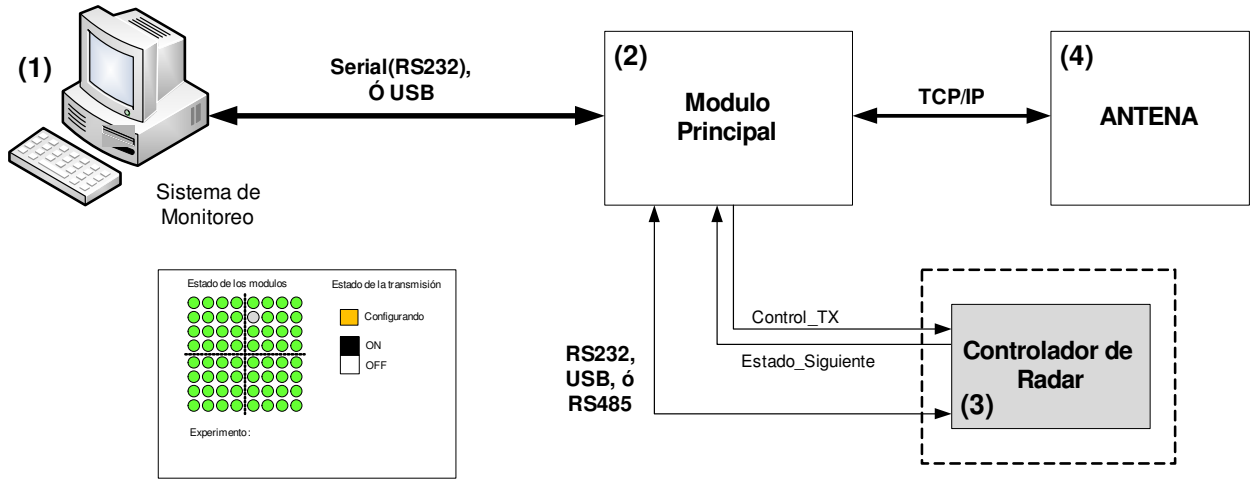


Figura 8 Diagrama del prototipo ABS-CONTROL

El Controlador de Radar (CR) está encargado de enviar el pulso de estado siguiente así como el número de posición a donde se apuntará. Para cambiar la dirección de apunte el controlador de radar activa la línea "estado siguiente". Uno vez que el modulo principal ha detectado la activación de "estado_siguiente" procede a apagar el CR mediante el comando "control_TX". Aun se encuentra en definición el tipo de conexión que va haber entre el CR y el ABS-CONTROL para la transferencia del número de estado siguiente. Además el CR tiene un bit de entrada que desactiva la salida de TX, por defecto esta en "1" lógico.

3.2 Componentes del ABS-CONTROL

3.2.1 Sistema de monitoreo

El sistema de monitoreo tiene dos funciones principales:

1. Transferir la configuración de todas las direcciones de apunte al Control Central. Esto se hace una sola vez al inicio de cada experimento. Este proceso finaliza cuando el Control Central confirma que la configuración de todas las direcciones de apunte han sido correctamente programadas en los controles modulares. Este proceso puede demorar algunos minutos.
2. Recibir del control central el monitoreo de cada control modular. Se indicará si está activo o no, y además en que posición está apuntando. El proyecto ABS-RF se encargará de confirmar que la dirección programada es la misma que la transmitida.
3. Parar y apagar el Control Central.

3.2.2 Control Central

El Control Central tiene las siguientes funciones:

Al inicio

1. El sistema recibirá la programación del sistema de monitoreo. En el caso de experimentos estándares se dejaría una programación por defecto en el Control Central.
2. Desactivar el bit de salida de TX en el CR.
3. Similarmente al Control Central, el sistema programará todos los módulos y para algunos experimentos se dejaría una programación por defecto.
4. Finalizado la programación de inicio se activará el bit de salida del TX en el CR.

En operación

1. Recibir del CR el pulso de estado siguiente, así como la dirección del siguiente estado.
2. Desactivar el bit de salida de TX en el CR.
3. Desactivar el sistema de monitoreo.
4. Enviar a todos los controles modulares la orden del cambio de estado. Además se verificará que la orden haya sido recibido correctamente.
5. Activar y actualizar el sistema de monitoreo.
6. Activar el bit de salida de TX en el CR.
7. Aun se está diseñando la manera como se monitoreará el correcto enfasamiento del sistema, que debe ser medido por ABS-RF.

3.2.2 Control modular

El control modular tiene planificado las siguientes funciones:

Al inicio

1. El sistema recibirá la programación del Control Central. En el caso de experimentos estándares se dejaría una programación por defecto.
2. Responderá a la verificación de la correcta programación.
3. Enviará el enfasamiento del sistema medido por ABS-RF cuando el control central lo solicite.
4. De acuerdo al orden de cambio de estado, cambiará las salidas para el ABS-RF de acuerdo a la programación.

3.3 Estado actual

Para el diseño del control modular se empleará la tarjeta de evaluación GESBC-9260S de la compañía Glomation. Esta tarjeta posee un puerto Ethernet, puertos USB, puerto para memorias SD, Memoria RAM y Flash. Es un sistema embebido (una computadora que esta diseñada para realizar una o algunas funciones) que se programa en entorno Linux. La Figura 9 muestra la tarjeta GESBC-9260S. Para el control central inicialmente se empleará la misma tarjeta.

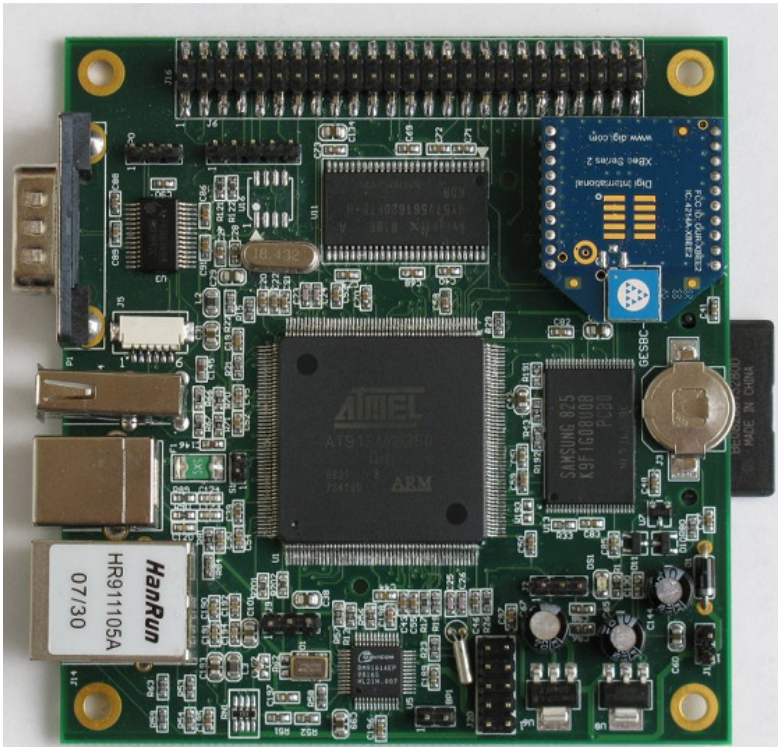


Figura 9 Foto de la tarjeta de Evaluación GESBC-9620S

4. PRUEBAS

Se han definido tres pruebas o mediciones que permiten evaluar el desempeño del módulo DDS.

4.1 Alfa Test 1 – Prueba de Alto Voltaje

La Figura 10 muestra la configuración para realizar esta prueba. La prueba consiste en elevar la tensión hasta 4,500 VDC. Cuando se eleva la tensión se tiene que tener cuidado que la corriente sea menor a 1 mA. La prueba se debe realizar con personal de Operaciones y/o personal que sepa manejar la fuente de DC de alto voltaje.

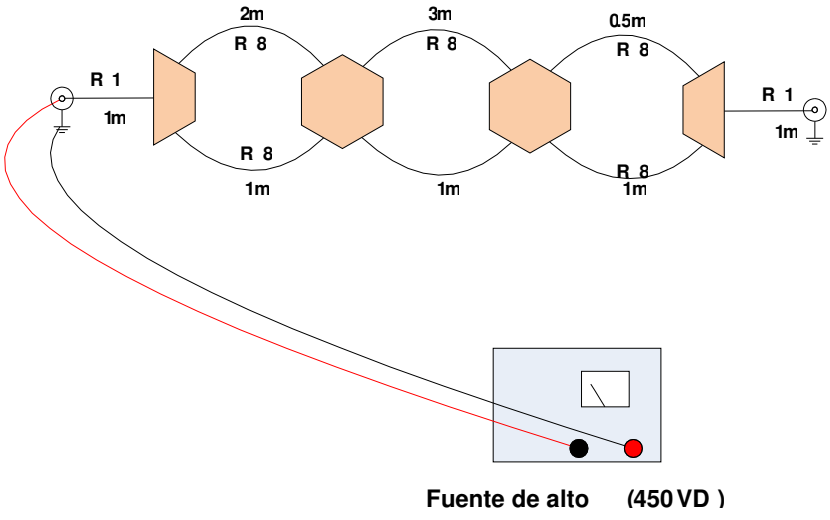


Figura 10 Diagrama de configuración de la prueba de alto voltaje

4.2 Alfa Test 2 – Medición de fase del circuito ABS de 3 bits

4.2.1 Calibración

Para la calibración de la fase se utilizó el Network Analyzer E5061A. La Figura 11 muestra el diagrama de calibración. Para ello, se prepararon 5 cables RG17 de referencia (1, 2, 3, 4, y 0.47m). A partir de estas longitudes se obtienen: 1, 2, 3, 4, 1.5, 2.5, 3.5 y 4.5m respectivamente.

Los resultados de la medición de las fases se muestran en la Tabla 2. Para que la calibración esté correcta la diferencia entre el error máximo y el error mínimo a lo más debe ser 0.7.

FASE DESEADA(°)	LONGITUD DEL CABLE DE REFERENCIA (M)	FASE MEDIDA DEL CABLE DE REFERENCIA(°)	ERROR DE MEDICIÓN(°)
90	1	93.8	3.8
180	2	183.4	3.4
270	3	273.5	3.5
0	4	3.5	3.5
45	4.5	48.4	3.4
135	1.5	138.5	3.5
225	2.5	228.2	3.2
315	3.5	318.1	3.1

Tabla 2 Fases medidas de los cables de referencia con el Network Analizer E5061A

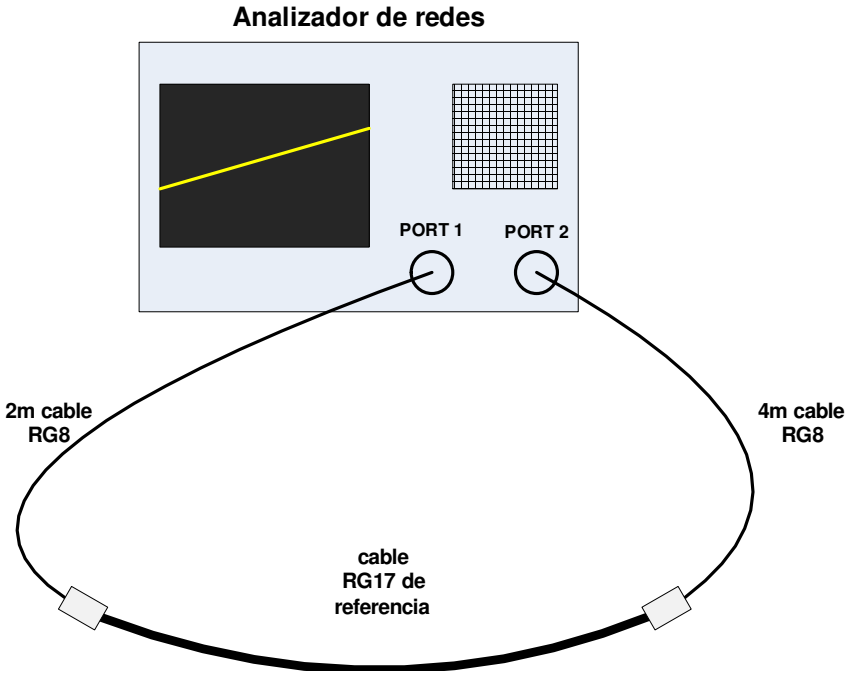


Figura 11 Configuración para calibración

La Figura 12, Figura 13, Figura 14 y Figura 15 muestran el desfase del sistema comparado con un cable de una longitud equivalente. Como se puede apreciar lo medido por el sistema tiene una mayor pendiente debido a que tiene 6 mt. adicionales.

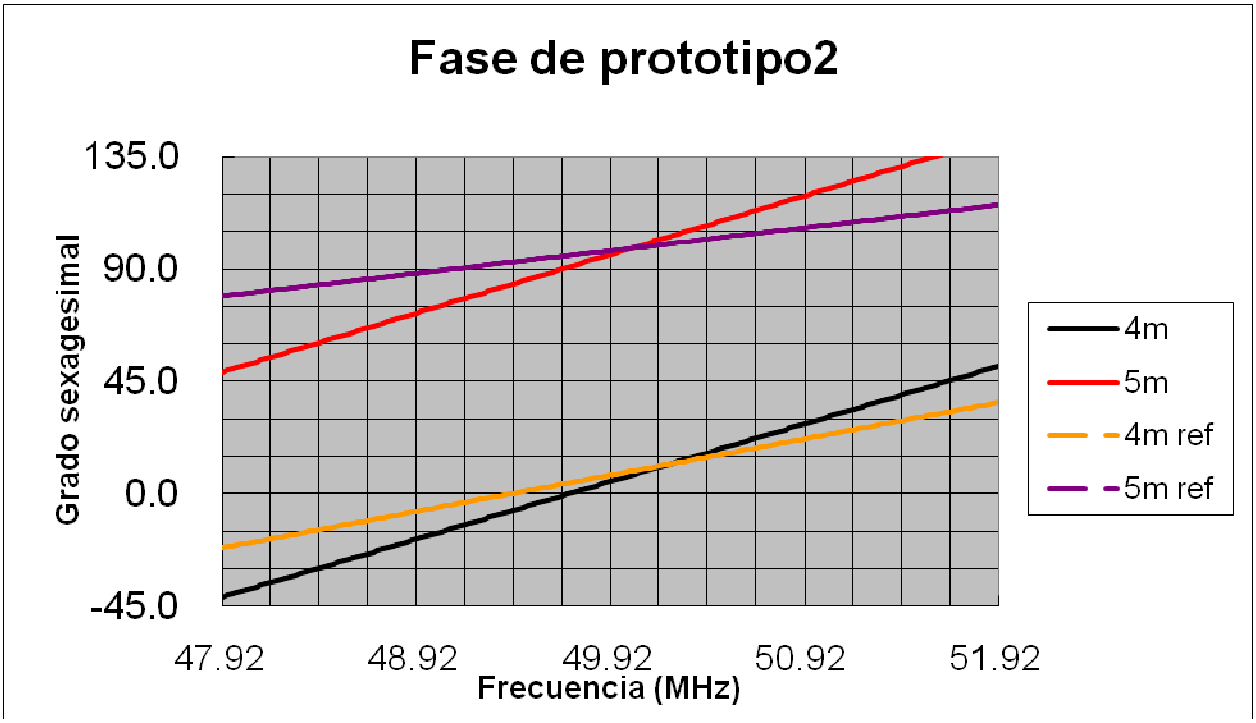


Figura 12 Respuesta de desafase para configuración de 4m y 5m

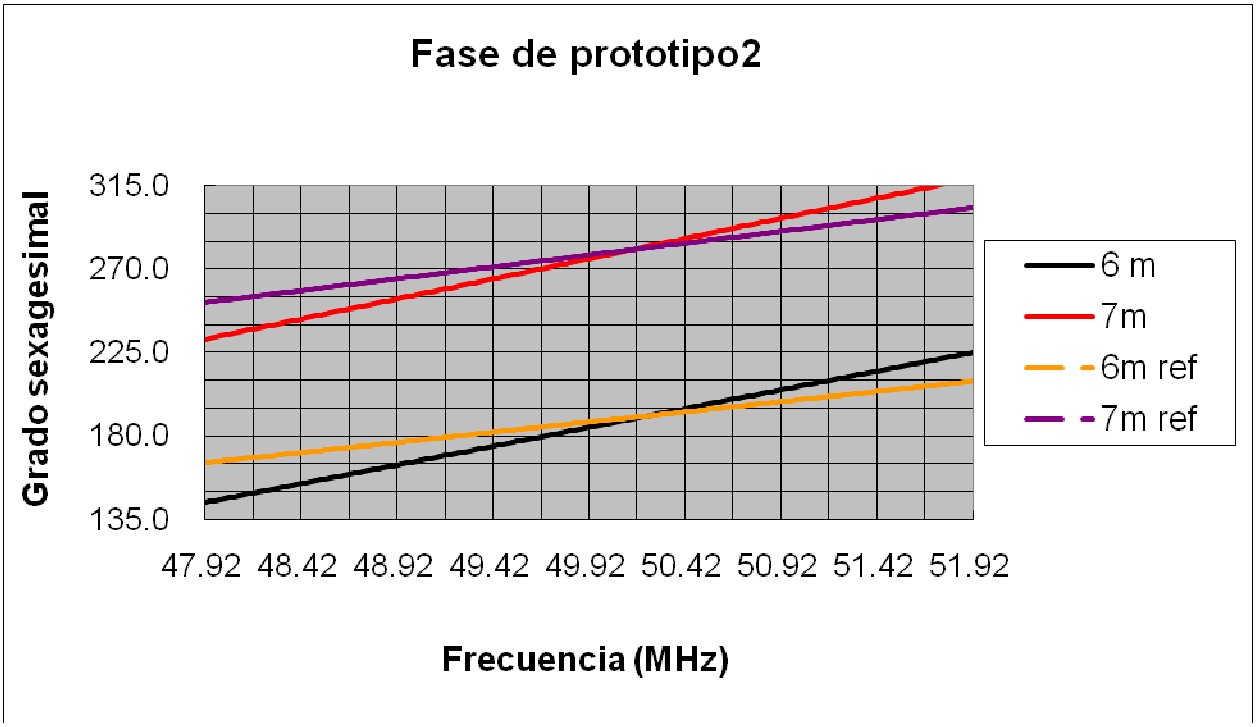


Figura 13 Desfase para la configuración de 6m. y 7m.

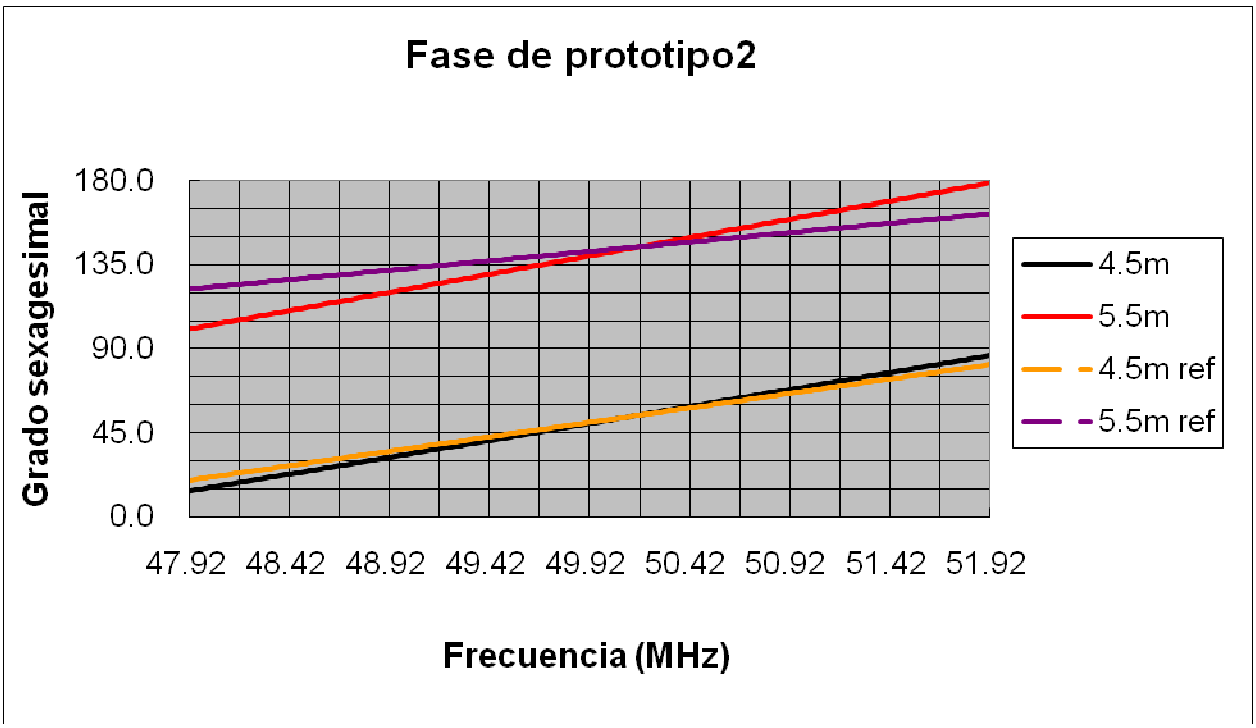


Figura 14 Desfase para la configuración de 4.5m y 5.5m

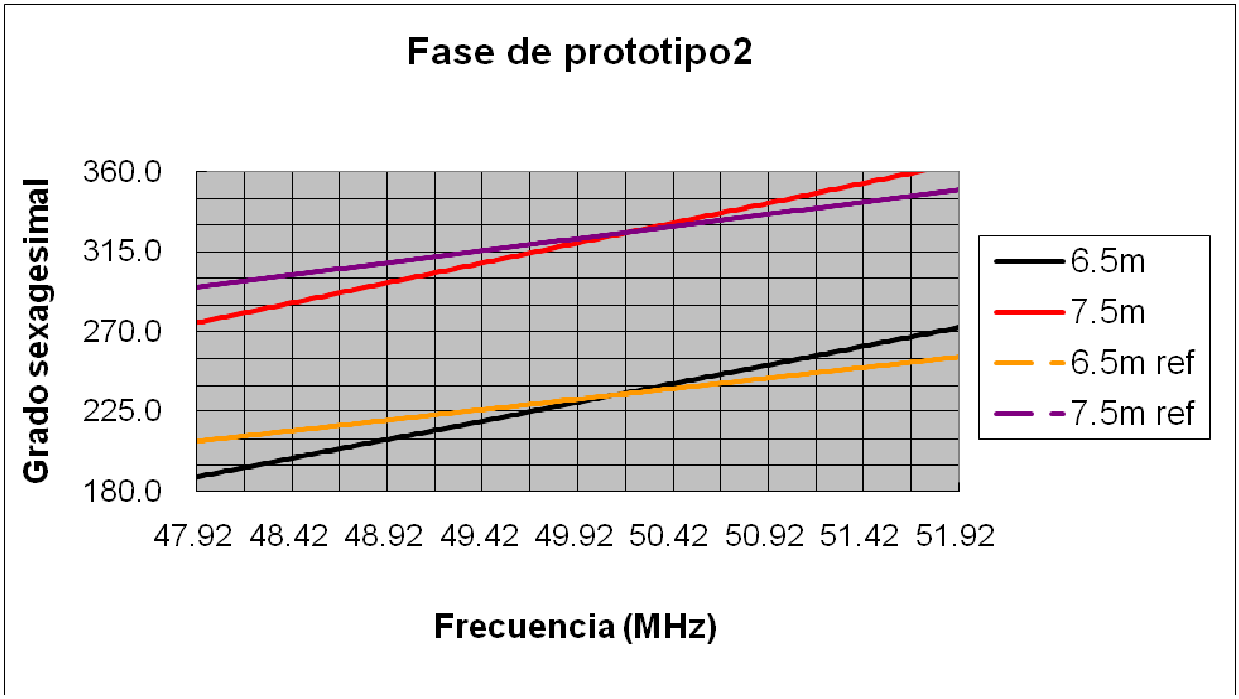


Figura 15 Desfase para la configuracion de 6.5m. y 7.5m.

4.3 Alfa Test 3 Medición de VSWR (Potencia Reflejada)

La Figura 16 y Figura 17 muestran el VSWR para todas las configuraciones. Como se puede apreciar el máximo VSWR es de 1.28.

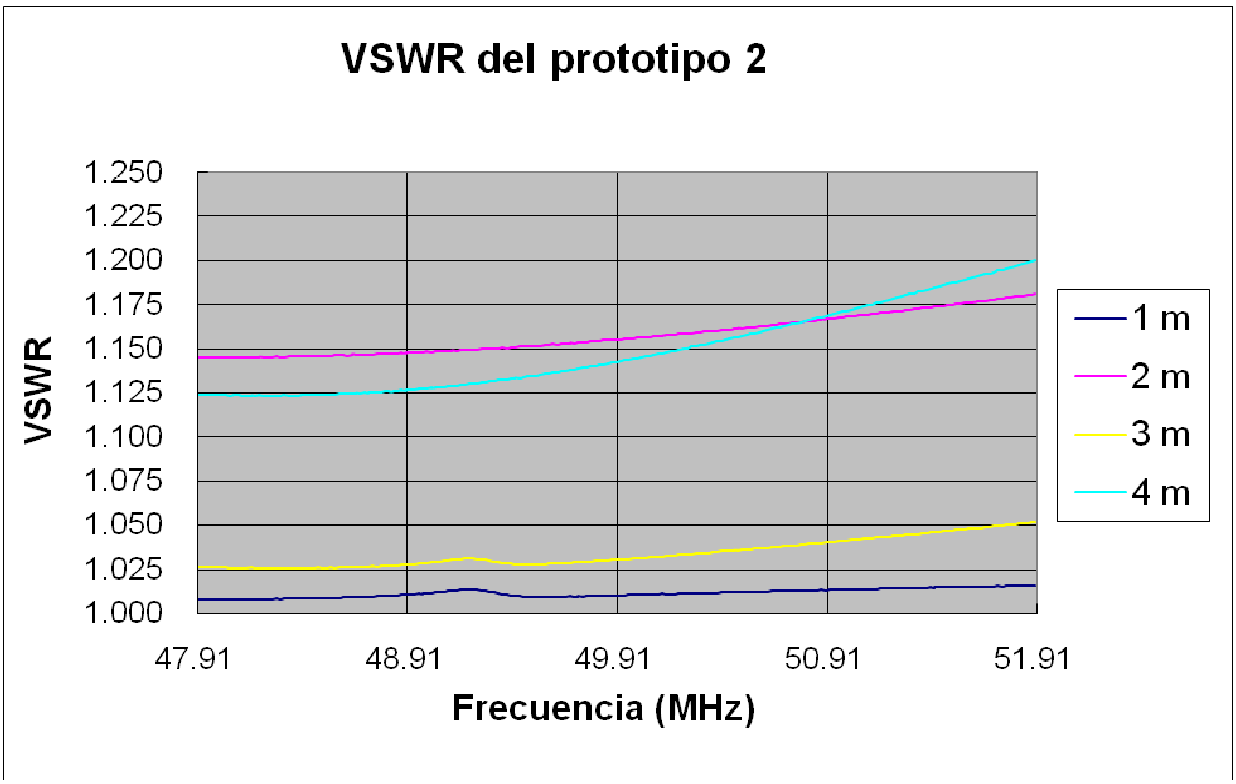


Figura 16 Medición de VSWR (Voltaje Reflejado) para la selección de cable de 1,2,3 y 4 m.

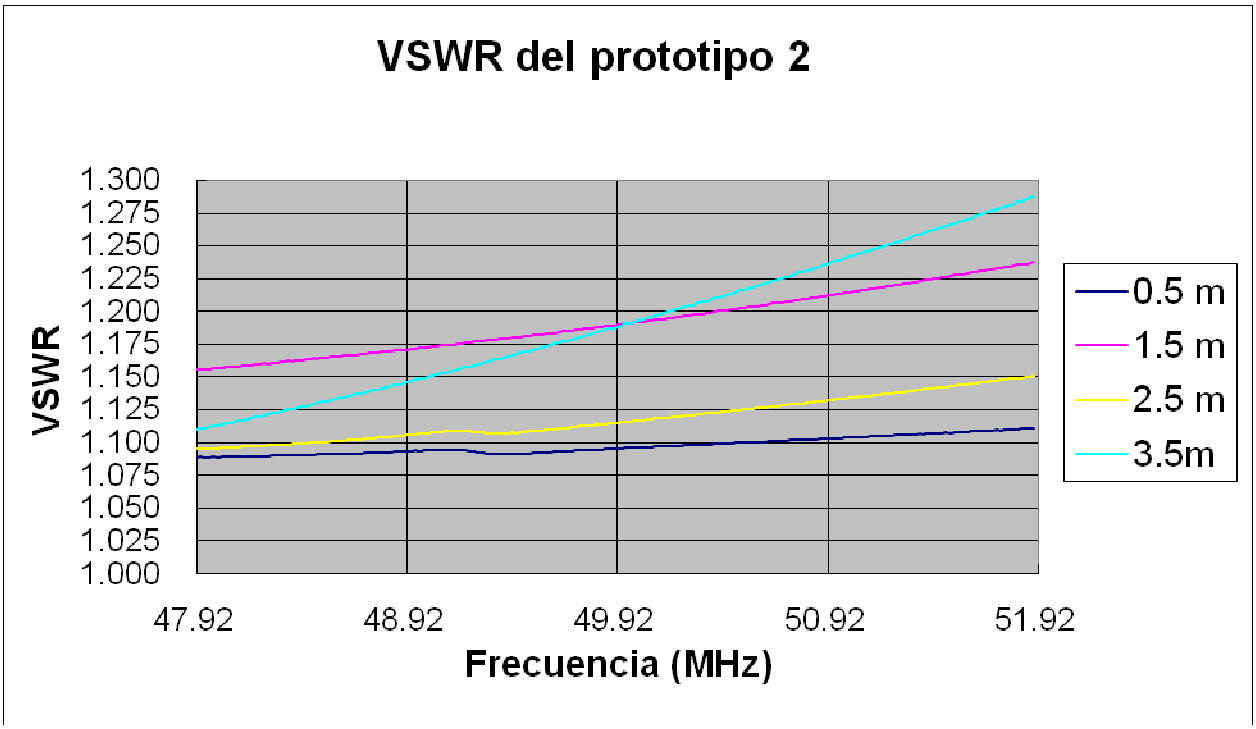
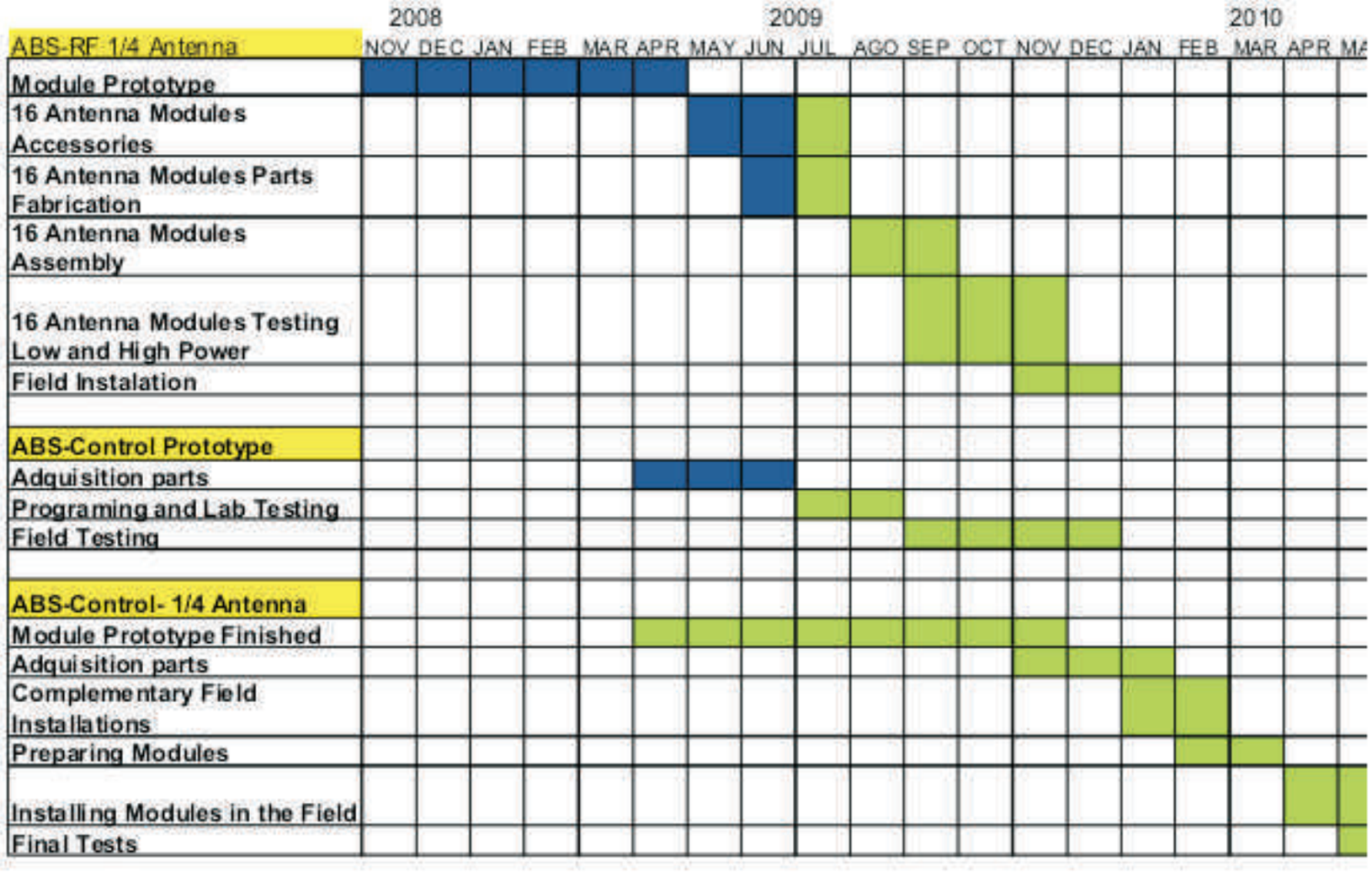


Figura 17 Medición de VSWR (Voltaje Reflejado) para la selección de 0.5, 1.5, 2.5 y 3.5 m

5. DIAGRAMA DE GANTT



6. PRESUPUESTO

ABS-RF ¼ Antena

MÓDULO			
12	Relés RJ6B-26SC	$ 189.95	$ 2279.40
17 m.	Cable RG-8	$ 1.60	$ 27.20
4 m.	Cable RG-218	ROJ (Ya se compró)	
4	Conectores LC	ROJ (Ya se compró)	
	Subtotal	$ 2306.60	

UN CUARTO DE LA ANTENA			
16	Módulos	$ 2325.00	$ 37200.00
64	Alojamientos simples para relés	$ 50.00	$ 3200.00
64	Alojamientos dobles para relés	$ 62.50	$ 4000.00
	Personal		$ 22000.00
	Otros		$ 600.00
	Total	$ 67000.00	

ABS-CONTROL ¼ Antena

CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	PRECIO FINAL
35	10/100BaseT to 100BaseFX-SC Media Converter	$84.24	$2,948.40	$2,960.00
2	Chasis para 13 convertidores de medio	$509.56	$1,019.12	$1,250.00
1	Switch no administrable x 16 puertos 10/100TX + 1 puerto 100FX MM	$260.75	$260.75	$320.00
1	Switch no administrable x 08 puertos 10/100TX + 1 puerto 100FX MM	$137.50	$137.50	$170.00
	Fibra Multimodo 62.5/125		$2,000.00	$2,000.00
16	Módulo para cada módulo de antena	$100	$1,600	$1,600.00
	Módulo principal		$2,000	$2,000.00
	Personal			$10,000
		Subtotal	$10,665.77	$21,000.00

BIBLIOGRAFIA

[1] JENNINGS TECHNOLOGY. Hoja técnica del relé RJ6B.

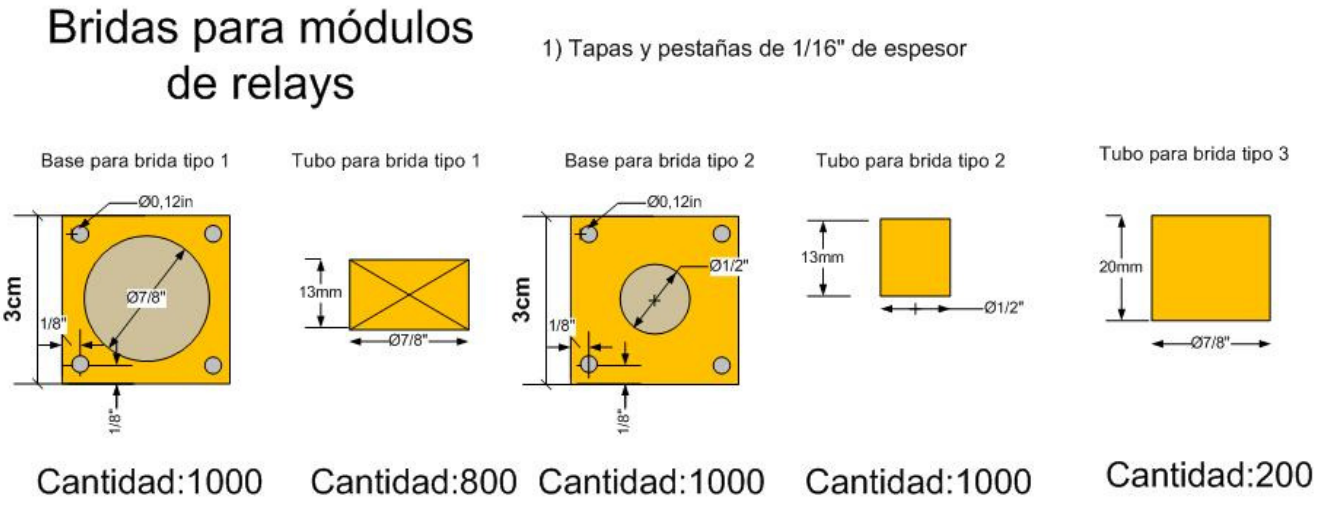
[2] GLOMATION. Manual de Usuario del GESBC-9260S

[3] AGILENT. Manual de Usuario del Network Analyzer E5061A

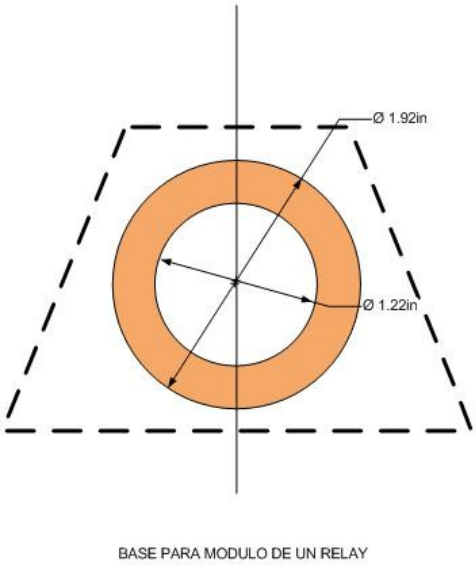
ANEXOS

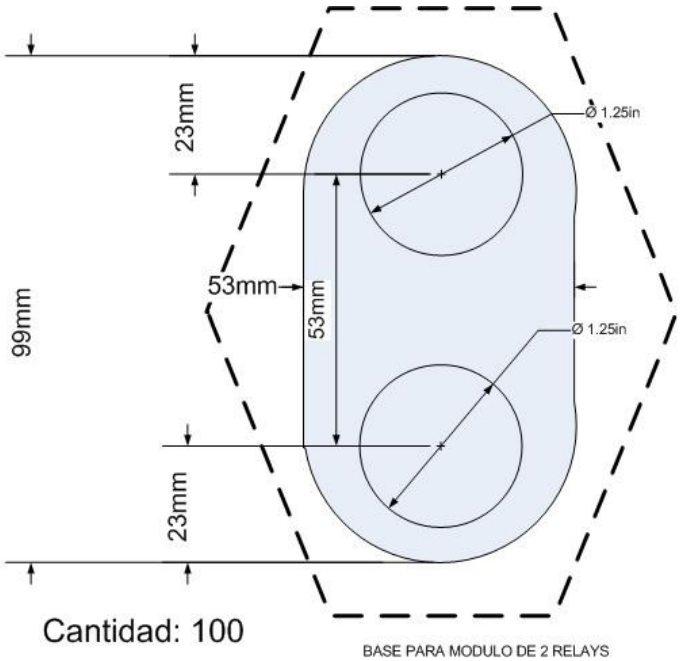
Anexo 1 PLANOS DE CAVIDAD DE 1 Y 2 RELÉS

Plano de Bridas

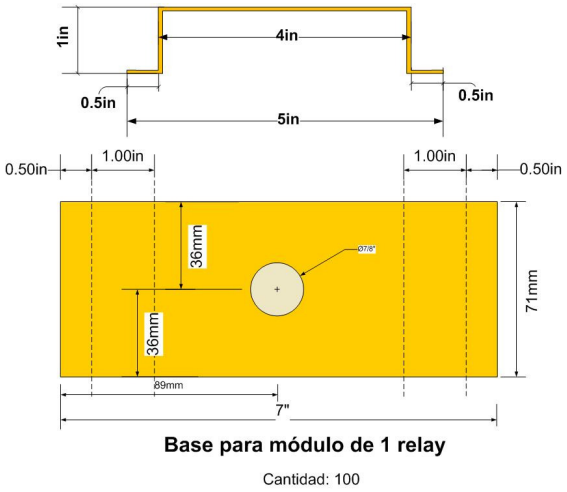


Bases Internas



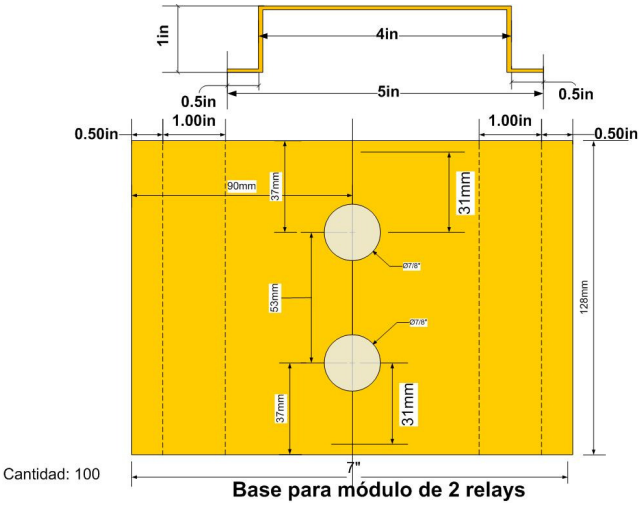


Bases de 1 y 2 relés



Base para módulo de 1 relay

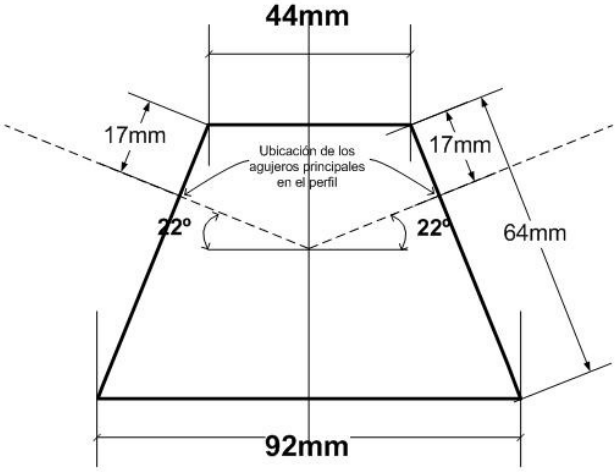
Cantidad: 100



Cantidad: 100

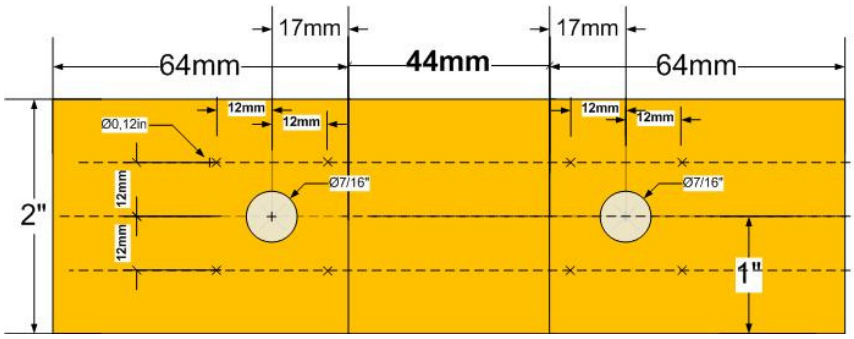
Base para módulo de 2 relays

Cavidad de 1 relé

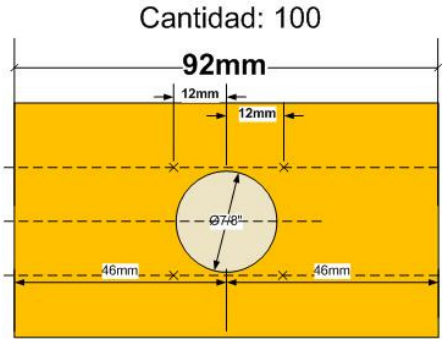


Partes del módulo de un relay desplegadas

Cantidad: 300



Cantidad: 100



Anexo 2 : DIAGRAMAS DE CIRCUITOS IMPRESOS

TARJETA DE CONTROL

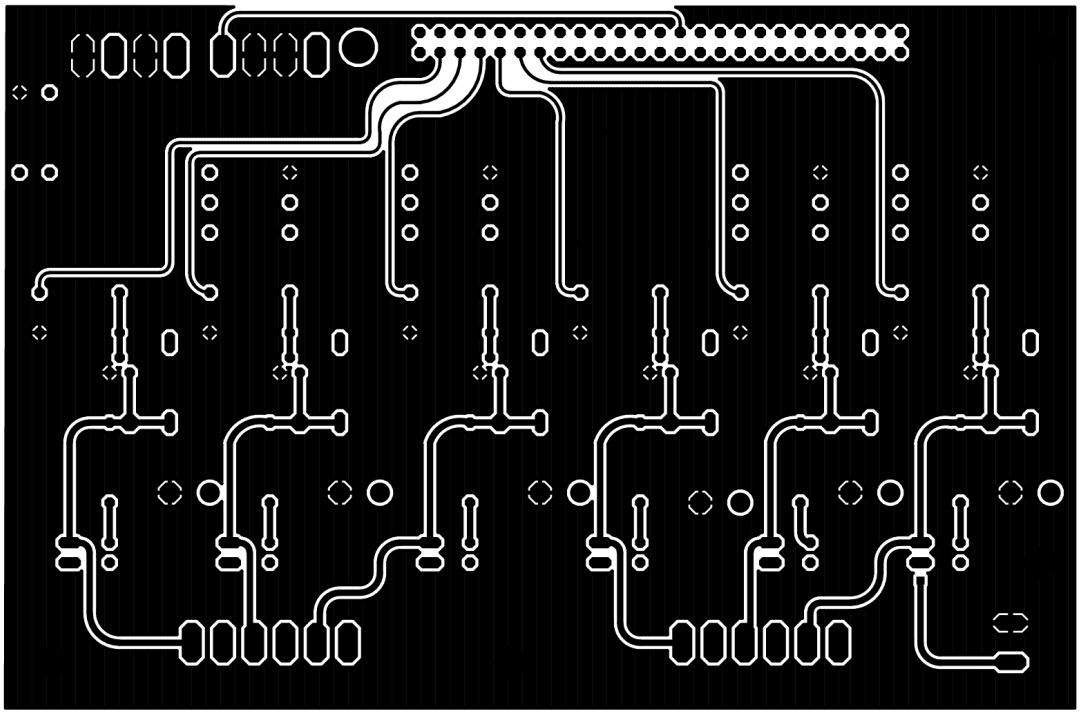


Diagrama de circuito impreso lado de soldadura

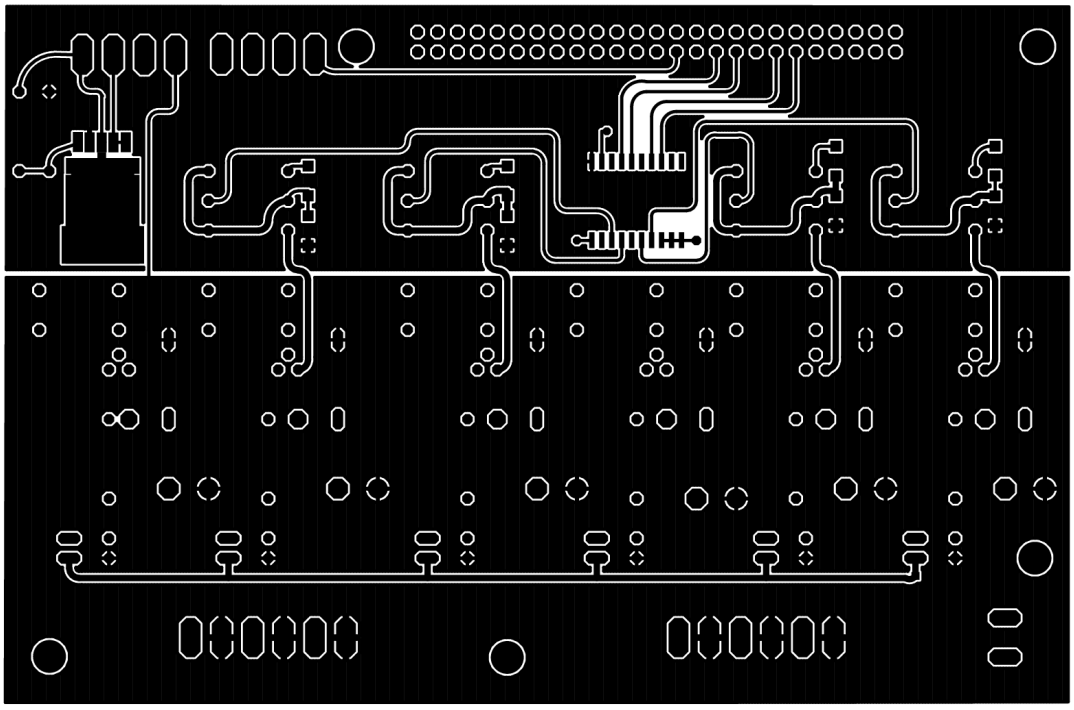
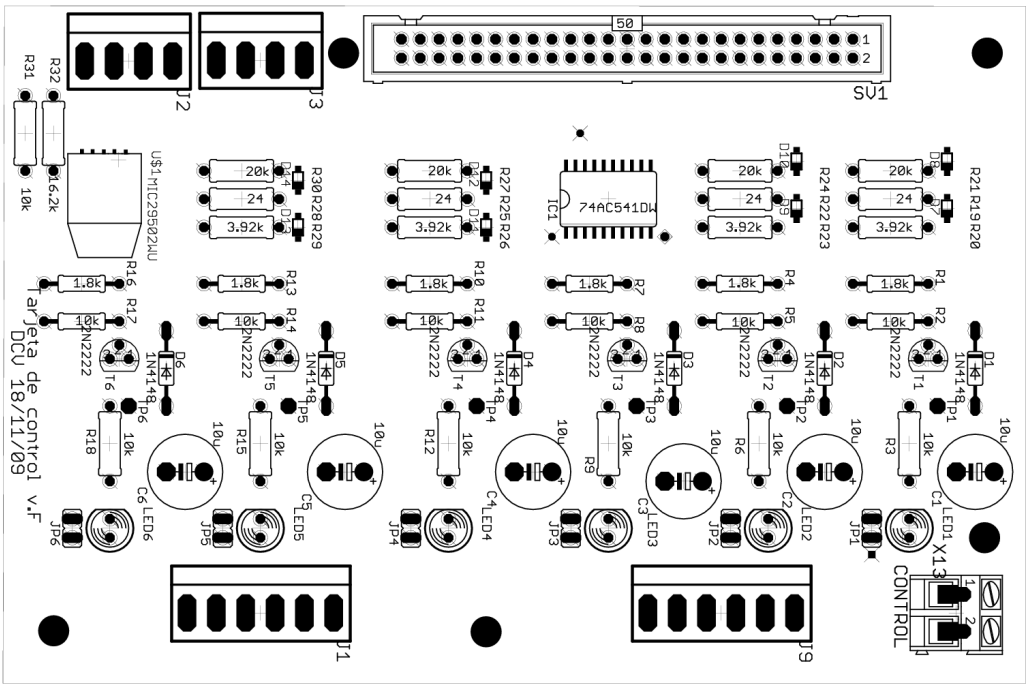


Diagrama del circuito impreso lado de los componentes



Máscara de componentes

FUENTE DE VOLTAJE DC

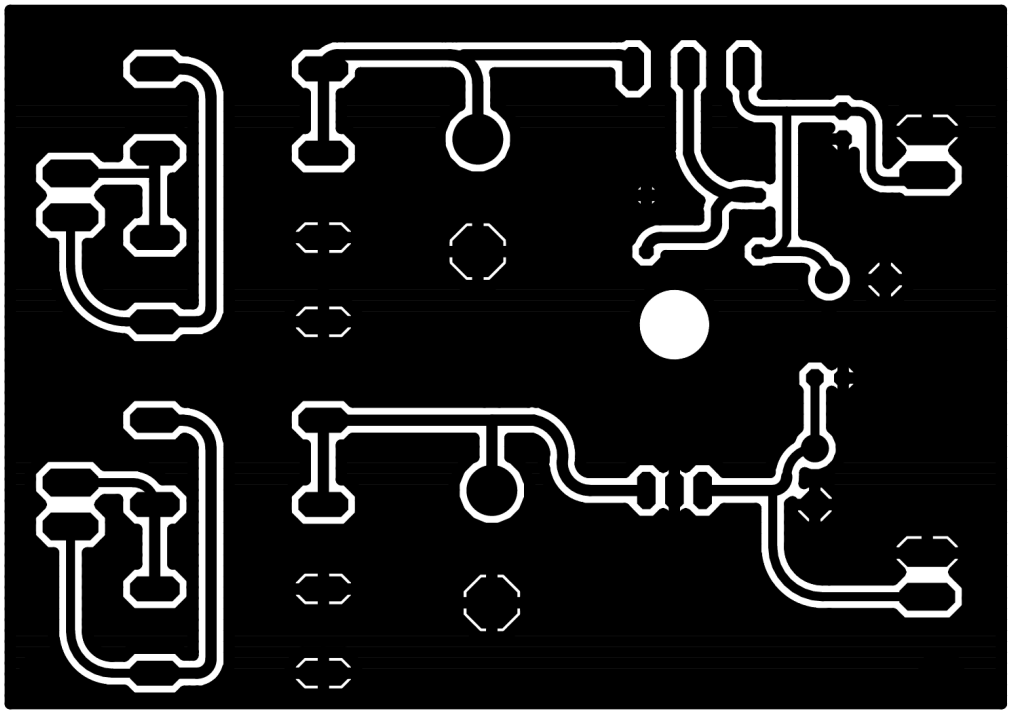
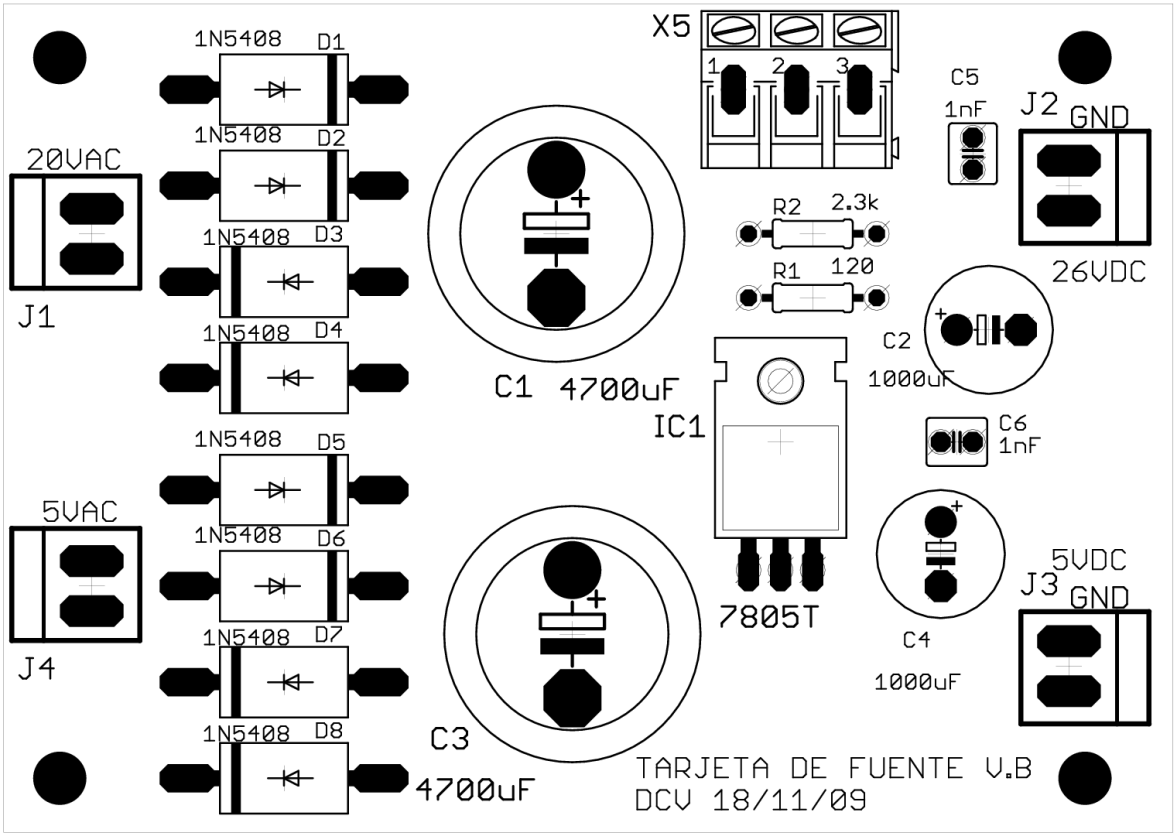


Diagrama del circuito impreso lado de los componentes



Máscara de componentes

Anexo 3 LISTA DE COMPONENTES

8.1 Tarjeta de control

ITEM	CANTIDAD	COMPONENTE
1	6	Condensador electrolítico de 10 uF @ 50VDC
2	6	Diodo 1N5408
3	8	Diodo Schottky BAT42W
4	1	C.I. 74AC541DW
5	2	Molex grande de 6 pines
6	2	Molex grande de 4 pines
7	6	Jumper de 2 pines
8	6	Led azul de 11mm
9	6	Resistencia de 1.8K, 1/4W
10	6	Resistencia de 10K, 1/4W
11	4	Resistencia de 24, 1/4W
12	4	Resistencia de 3.9K, 1/4W
13	4	Resistencia de 20K, 1/4W
14	6	Transistor 2N2222, TO-92
15	1	Regulador de voltaje MIC29052WU
16	1	Bornera PCB de dos pines pequeño

8.2 Tarjeta de fuente

ITEM	CANTIDAD	COMPONENTE
1	2	Condensador electrolítico de 4700uF @ 50VDC
2	2	Condensador electrolítico de 1000uF @ 50VDC
3	2	Condensador cerámico de 1nF
4	8	Diodo rectificador 1N5408
5	1	Regulador de voltaje 7805
6	1	Regulador de voltaje LM350K
7	1	Resistencia de 120, 1/4W
8	1	Resistencia de 2.3K, 1/4W
9	1	Bornera de 3 pines para PCB
10	4	Molex de 2 pines grande